

Anforderungen und Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Tierhaltung

Jochen Hahne, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop, Marcus Clauß,
Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag beschreibt zunächst die rechtlichen Anforderungen an die Tierhaltung in Deutschland, die insbesondere für größere gewerbliche Tierhaltungsbetriebe deutlich verschärft worden sind. Darüber hinaus werden verschiedene Maßnahmen zur Emissionsminderung vorgestellt. Für große Tierhaltungsbetriebe wird die Abluftreinigung eine steigende Bedeutung erlangen. Steigende Energiekosten für die Lüftung von Tierhaltungsanlagen erfordern neue Lüftungskonzepte sowie Maßnahmen zur Zuluftkonditionierung, die neben der Energieeinsparung auch zur Emissionsminderung beitragen.

Schlüsselwörter

Tierhaltung, rechtliche Anforderungen, Emissionsminderung, Zuluftkonditionierung

Demands and measures for emission reduction in animal husbandry

Jochen Hahne, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop, Marcus Clauß,
Thünen Institute of Agricultural Technology, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Abstract

The present contribution describes at first the legal demands on livestock in Germany which have been clearly tightened for larger commercial livestock farms in particular. Beyond that different options for emission reduction are introduced. For large animal husbandries the exhaust air treatment will become important. Increasing energy costs for ventilation of animal stables require new ventilation concepts and measures of inlet air conditioning as well, which both contribute to energy saving and emission reduction.

Keywords

Livestock, legal demands, emission reduction, inlet air conditioning

Hintergrund

In Deutschland ist die Nutztierhaltung eine der bedeutendsten Quellen für luftgetragene Emissionen von Gerüchen, Gasen (hauptsächlich Ammoniak), Staub und Bioaerosolen. Für Ammoniak lag z. B. im Jahr 2011 der Anteil an der deutschen NH_3 -Gesamtemission bei 80 %, beim Staub (PM_{10}) waren es im selben Jahr immerhin noch etwa 10 % [1]. Besonders Stäube aus der Tierhaltung enthalten bis weit über 90 % organisches Material und große Mengen verschiedener Mikroorganismen, d. h. sie können fast komplett als Bioaerosol aufgefasst werden. Alle diese Stoffe gelangen über die Abluft aus den landwirtschaftlichen Betrieben heraus in die Umwelt (Emission), werden von dort weiter verdriftet (Transmission) und deponieren schließlich im Umfeld (Immission). Dies kann zu Umweltschäden (Klimaveränderung, Eutrophierung und Versauerung von Böden und Gewässern) oder gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Geruchsbelästigung, Allergien, Infektionen) führen.

Rechtliche Anforderungen

Allgemein hat Deutschland sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls verpflichtet, seine Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren, dabei geht es allerdings primär um Methan und Lachgas. Im Agrarsektor besteht für diese beiden Gase bisher keine unmittelbare Reduktionsverpflichtung, entsprechende Emissionen unterliegen aber einer regelmäßigen Überprüfung. Für Ammoniak wird dagegen in der NEC-Richtlinie (2001/81/EG) vom 23.10.2001 für Deutschland verbindlich festgelegt, dass der im Göteborg-Protokoll vereinbarte Grenzwert von höchstens 550 Gg/Jahr ab 2010 eingehalten werden muss. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden verschiedene Maßnahmen getroffen. Zum Beispiel sollten NH_3 -Emissionen, die bei der Wirtschaftsdüngerausbringung entstehen, durch Vorgaben der Düngeverordnung (DüV) begrenzt werden. Diese Maßnahmen brachten jedoch nicht den gewünschten Erfolg, so dass der geforderte Grenzwert sowohl 2010 als auch 2011 überschritten wurde [2].

Für Tierhaltungsanlagen bildet das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) die Grundlage für deren Genehmigung und Überwachung. Zweck des Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen (§ 1). Art und Umfang von Genehmigungsverfahren sind abhängig von Tierart und gehaltener Tieranzahl und werden in der 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) (4. BImSchV) konkretisiert. Bei Anlagen mit mehr als 750 Sauen, 2.000 Mastschweinen oder 40.000 Geflügelplätzen ist auch die Industrie-Emissions-Richtlinie (IED) relevant.

Neben den bisher genannten Gesetzen und Richtlinien kommen noch weitere Regelwerke zur Anwendung. Dies sind z. B. die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), in der allgemeine Schutzanforderungen für Feinstaub und Ammoniak sowie konkret tierart- und tiermassebezogene Mindestabstände zur Wohnbebauung oder zu empfindlichen Ökosystemen genannt werden. In der Geruchsimmisionsrichtlinie werden Anforderungen zum

Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Gerüche konkretisiert. Darüber hinaus gibt es diverse VDI-Richtlinien, in denen Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen behandelt werden. Letztlich regelt die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung im Falle einer gewerbsmäßigen Haltung die tierschutzrechtlichen Anforderungen, welche immer mit berücksichtigt werden müssen. Diesbezüglich gibt es allerdings oft Differenzen, sind doch die Interessen des Umweltschutzes nicht immer vereinbar mit denen des Tierschutzes. Zum Beispiel hat sich die Struktur der Legehennenhaltung in Deutschland stark verändert. Die in Hinblick auf die Emissionen als eher günstig einzustufende klassische Käfighaltung oder auch der ausgestaltete Käfig ist Volieren- oder Bodenhaltungen gewichen, in denen es nachweislich zu höheren Emissionen von Staub und Ammoniak kommt [3]. Auch die Freilandhaltung bedeutet nicht automatisch mehr oder weniger Emissionen, aber durch die Haltung in diesen offenen Ställen können z. B. Abluftreinigungsanlagen nicht sinnvoll eingesetzt werden. Gerade bei Schweinen, die nur zu einem sehr geringen Teil in Ausläufen gehalten werden, ist die Abluftreinigungstechnik aber eine vielversprechende Maßnahme zur Minderung von Emissionen aus den Ställen und damit zur Verringerung der Umweltwirkung. In der Praxis werden hier verschiedene ein- oder mehrstufige Systeme eingesetzt (**Bild 1**).



Bild 1: Beispiele für in der Praxis eingesetzte biologische Abluftreinigungsanlagen (links: einstufiger Rieselbettreaktor; rechts: Biofilterstufe einer dreistufigen kombinierten Anlage)

Figure 1: Examples of biological air treatment systems used in practice (left: one-step bio trickling filter, right: bio filter step of a three-step combined system)

Erst kürzlich haben die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen die Abluftreinigung für große Anlagen zur Haltung von mehr als 2.000 Mastschweinen, 750 Sauen oder 6.000 Ferkeln (Nummer 7.1 g-i, Spalte 1 der 4. BImSchV) in entsprechenden Erlassen [4, 5] zum Stand der Technik erklärt. Dies bedeutet, dass bei Neu- oder Änderungsgenehmigungen für Anlagen der genannten Größenordnungen der Einbau von geprüften Abluftreinigungsanlagen gefordert wird. Demgegenüber kann für große Geflügelhaltungen noch kein Stand der Technik bezüglich des Einbaus von Abluftreinigungsanlagen definiert werden, da es erst eine anerkannte Abluftreinigungsanlage für die Hähnchenkurzmast gibt [6]. Hier muss

die technische Entwicklung noch abgewartet werden. Allerdings befindet sich eine Reihe von Verfahren zurzeit in der Prüfung, so dass weitere Fortschritte hier absehbar sind. In den Erlassen wird auch auf die Bioaerosolproblematik bei den immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren eingegangen. Abluftreinigungsanlagen, die ihre Wirksamkeit zur Abscheidung von Staub bewiesen haben, werden auch als geeignetes Verfahren zur Minderung der Bioaerosolemissionen eingestuft.

Durch die Änderung des § 35 des Baugesetzbuches [7] kommen insbesondere auf die größeren gewerblichen Tierhaltungen Veränderungen zu. Entsprechende Anlagen mit beispielsweise mehr als 1.500 Mastschweinen, 560 Sauen, 4.500 Ferkel, 15.000 Legehennen, 15.000 Putenplätzen dürfen im Außenbereich nicht mehr errichtet und auch nicht mehr verändert werden. Unverändert zulässig bleiben baurechtliche Anlagen, die die genannten Grenzen nicht erreichen bzw. landwirtschaftliche Anlagen, die mehr als 50 % ihres Futterbedarfes auf eigenen Flächen erzeugen können. Die von der Neuordnung erfassten größeren gewerblichen Tierhaltungsanlagen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes können zukünftig nur noch in Gebieten errichtet werden, für die die Gemeinden entsprechende Flächen ausweisen.

Abluftreinigungsanlagen

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand bieten anerkannte Abluftreinigungsanlagen die Möglichkeit, die Emission von Tierställen stark zu verringern. DLG-zertifizierte Anlagen trennen mindestens 70 % bis über 90 % der Ammoniak- und Staubfrachten aus zwangsbelüfteten Anlagen der Schweine- und Geflügelhaltung ab [8]. Auch mesophile Bakterien und bestimmte Gruppen von Bakterien, denen auch Krankheitserreger angehören, können mit Wirkungsgraden zwischen 70 – 99 % aus dem Abluftstrom eines Stalls entfernt werden (**Bild 2**) [9].

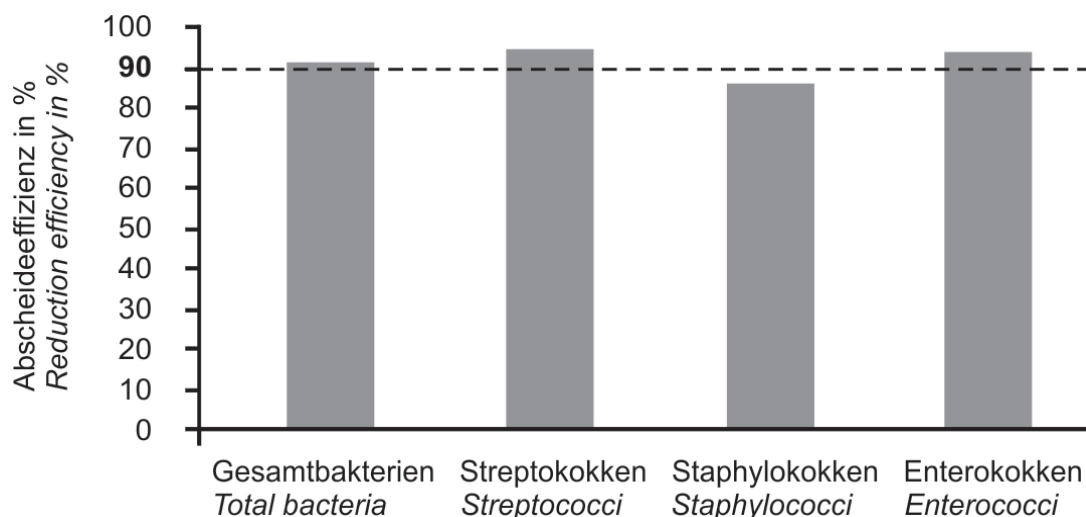


Bild 2: Durchschnittliche Abscheideeffizienz (n = 20) zweier DLG-zertifizierter Abluftreinigungsanlagen an Schweineställen für verschiedene Gruppen luftgetragener Mikroorganismen

Figure 2: Average reduction efficiency (n = 20) of two DLG certified air cleaning systems at piggyeries for different groups of airborne microorganisms

Bei Anlagen mit einem Biofilter als letzte Reinigungsstufe kann es manchmal zu einem erhöhten Austrag von Pilzsporen und Aktinomyzeten kommen. Hierbei handelt es sich jedoch um Mikroorganismengruppen, die in vergleichbaren Konzentrationen auch in der natürlichen Hintergrundkonzentration z. B. im Wald vorkommen [10]. Eine vollständige Abscheidung dieser mikrobiellen Komponenten wird mit der momentan in der Praxis verwendeten Technik nicht möglich sein.

Die Umweltwirkungen von Bioaerosolen im Allgemeinen werden bislang noch kontrovers diskutiert. Auch sind einige methodische Fragen hinsichtlich der Wahl geeigneter Nährböden zum Nachweis bestimmter Mikroorganismen noch nicht abschließend geklärt [11]. Bei der Beurteilung von Vorhaben, bei denen es zur Freisetzung von Bioaerosolen kommt, ist die Bewertung der natürlichen Hintergrundkonzentration von Bedeutung, die möglichst nicht wesentlich überschritten werden soll. Wie aktuelle Arbeiten zeigen, unterliegen die Hintergrundkonzentrationen von natürlich vorkommenden Schimmelpilzen und Aktinomyzeten jahreszeitlichen Schwankungen [10]. Als Indikatorkeime im Bereich der Nutztierhaltung bieten sich vor allem Staphylokokken und Streptokokken an. Größe und Form luftgetragener Mikroorganismen bzw. mikroorganismen tragender Partikel variieren relativ stark (**Bild 3**). Während Pilzsporen einen Durchmesser von ca. 2 - 20 µm aufweisen und oft vereinzelt auftreten, werden Bakterien am häufigsten als Aggregate oder an anderen Partikeln angelagert im Größenbereich von 6 - 10 µm bis zu 100 µm nachgewiesen [11]. Die Abscheidung von Partikeln dieser Größenordnungen ist mit der Abluftreinigung möglich [12].

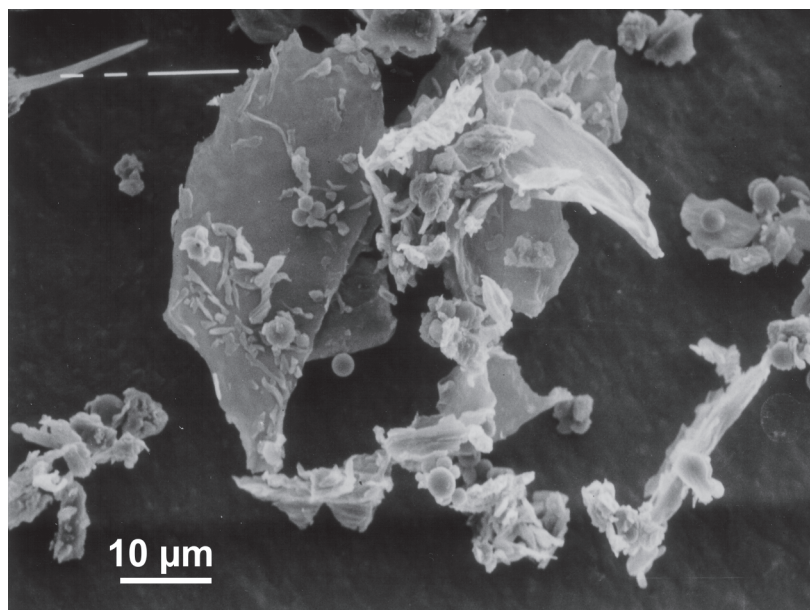


Bild 3: Eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Stallstaub aus einem Broilerstall zeigt dessen heterogene Zusammensetzung

Figure 3: Scanning electron-microscopy image of dust from a broiler house, showing its heterogeneous nature

Test von Abluftreinigungsanlagen

Damit Abluftreinigungsanlagen Emissionen aus der Tierhaltung möglichst effektiv reduzieren, müssen sie sachgerecht dimensioniert und ordnungsgemäß betrieben werden. Die Wirksamkeit dieser Anlagen und ihr Gebrauchswert werden seit 2005 von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) unter Mitwirkung einer unabhängigen Prüfkommision sowie einer akkreditierten Prüfstelle auf der Grundlage des DLG-Prüfrahmens "Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen" getestet und bewertet. Seit 2005 wurden 13 Prüfverfahren von 9 verschiedenen Herstellern erfolgreich abgeschlossen [13]. Die Prüfberichte sind kostenlos verfügbar. Während für die Schweinehaltung verschiedene Verfahren unterschiedlicher Hersteller marktverfügbar sind, ist erst ein einziges für den Bereich der Geflügelhaltung verfügbar. Allerdings befinden sich aktuell 7 weitere Verfahren in der Prüfung, wobei 4 in der Geflügelhaltung laufen. Die Prüfung von Abluftreinigungsanlagen soll europaweit in Zukunft möglichst einheitlich geregelt werden. Zu diesem Zweck wurde bereits ein gemeinsamer Prüfrahmen erarbeitet (VERA Test Protocol for Air Cleaning Technologies), der im Wesentlichen auf dem DLG-Prüfrahmen beruht [14].

Weitere Maßnahmen zur Verminderung von Emissionen

Grundsätzlich ist es ökonomisch und aus Sicht des Umweltschutzes sinnvoll, Emissionen soweit wie möglich zu vermeiden. Emissionen aus der Schweine- und Geflügelhaltung stammen im Wesentlichen aus den Ställen sowie der Lagerung und der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, während bei Rindern auch der Weidegang berücksichtigt werden muss. Bei den Emissionen müssen vor allem die Parameter Geruch, Ammoniak, Feinstaub und zunehmend auch die Bioaerosole berücksichtigt werden.

Eine wirksame Minderung von Ammoniakemissionen aus der Schweinehaltung stellt der Übergang von der Universalmast zur Zweiphasenmast dar [15]. Durch die Absenkung des Rohproteingehaltes auf 14 % ließen sich die N-Ausscheidungen um 20 - 30 % gegenüber den Referenzverfahren reduzieren. Hilfreich wäre allerdings noch die Information gewesen, welcher Anteil am Schweinebestand in Deutschland noch mit einer Universalmast gefüttert wird, um das Einsparpotenzial besser abschätzen zu können.

Die Emissionen aus einem Stall werden auch durch das absolut durchgesetzte Luftvolumen bestimmt, wie entsprechende über mehrere Jahre angelegte Messungen an zwei Geflügelställen gezeigt haben [16]. Insofern kann eine Verminderung des Luftdurchsatzes durch geeignete Verfahren zur Zuluftkonditionierung auch einen Beitrag zur Minderung von Ammoniakemissionen darstellen. Die Kühlung von Schweineställen durch eine Luftzufuhr von Unterflur kann sowohl die Sommertemperaturen in Ställen um 6 - 8 °C vermindern als auch die Luftqualität im Aufenthaltsbereich der Sauen (0,6 m über Fußboden) verbessern, da die Ammoniakkonzentrationen in dieser Höhe spürbar gesenkt wurden [17]. Eine weitere mögliche Minderung der erforderlichen Luftrate kann der Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen liefern, wobei verschiedene Verfahren mit adiabatischer und/oder diabatisher Kühlung vorgestellt werden [18]. Einjährige Untersuchungen an einem neuartigen Erdwärmetauscher, bei dem die Zuluft seitlich über einen Hohlraum zwischen Erdboden und Unterkante der Flüssigmistwanne zugeführt wird, ergaben positive Wirkungen auf das Stallklima, weil es zu

einer erheblichen Temperatur-Amplitudendämpfung kam. Der maximale Anwärmeffekt betrug 16 K (Außentemperatur: - 9 °C), während der maximale Kühleffekt 17 K betrug (Außentemperatur: 42 °C). Der Betrieb des Erdwärmetauschers erbrachte eine erhebliche Wärmeenergie, die zur Einsparung fossiler Energieträger beitrug. Trotz Kühlleistung im Sommer wurde die Stallluft im Jahresmittel erwärmt. Diese mittlere Temperatur lag bei 26 °C, sodass sich dieses Verfahren besonders für die Ferkelerzeugung eignen würde. Der Stromverbrauch für die Lüftung lag um 46 % niedriger als in vergleichbaren konventionellen Ställen [19]. Der Einsatz von wabenartigen Cellulose-Pads (cooling pads) im Zuluftbereich kann ebenfalls im Sommer zu einer deutlichen Absenkung der Stalltemperaturen um 6 - 10 K bei Außentemperaturen von 30 °C und mehr und damit auch zur Reduzierung der Luftraten beitragen [20].

Ein gleichmäßiger Luftaustausch im Stall ist auch für das Tierwohl von großer Bedeutung (Schadgaskonzentration, Hitzestress). Strömungssimulationen an zwei Schweinemastabteilen mit Porendecken- und Unterflurzuluffführung ergaben, dass mit der numerischen Simulation die Strömungsvorgänge beider Varianten recht gut abgebildet werden konnten [21]. Bei frei belüfteten, nicht gedämmten, mit Windschutzwänden ausgestatteten Milchviehställen ergaben entsprechende Untersuchungen, dass die Luftgeschwindigkeiten im Stall sehr unterschiedlich waren und Turbulenzen auftraten. Zur Vermeidung von Hitzestress und der Verbesserung der Luftqualität insgesamt sind wahrscheinlich zusätzliche Maßnahmen erforderlich [22].

Haltungsverfahren und Stallmanagement in der Legehennenhaltung haben erheblichen Einfluss auf die Emission von Ammoniak und Feinstaub. Bei den vergleichenden Untersuchungen zwischen Voliere und Deutscher Kleingruppe ergaben die noch nicht abgeschlossenen Versuche, dass die spezifischen Emissionen an Staub und Ammoniak in der Volierenhaltung deutlich höher ausfallen als in der Deutschen Kleingruppe [23]. Wesentliche Einflussfaktoren für die Staubemission waren Einstreu, Sandbad und Lichtprogramm, während die Freisetzung von Ammoniak vor allem vom Entmistungsintervall abhing. Zur Minderung der Schwebstaubkonzentration bei der Bodenhaltung von Legehennen bieten sich die Wasserverneblung mit und ohne Zusatz von Rapsöl sowie geeignete Einstreumaterialien wie Tonpellets oder Torf an [24].

Zusammenfassung

Die Nutztierhaltung in Deutschland ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor, trägt aber auch zu erheblichen Umweltbelastungen bei. Zur Regelung der ordnungsgemäßen Tierhaltung und zur Minderung von Emissionen aus diesem Sektor muss eine Fülle von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien beachtet werden. Insbesondere für große Schweinehaltungsbetriebe steigen die Anforderungen an den Emissionsschutz. Durch die Änderung des § 35 des Baugesetzbuches wird Errichtung größerer, gewerblicher Tierhaltungsbetriebe in Deutschland stark eingeschränkt.

Neben der nach wie vor erforderlichen Reduktion der nationalen Ammoniakemissionen sind insbesondere die Emission von Bioaerosolen und Maßnahmen zu deren Minderung in den Fokus der Umweltforschung gelangt. Steigende Energiepreise insbesondere für die Lüftung von Tierhaltungsanlagen führen zu verstärkten Anstrengungen zur Minderung von Luftwechselraten durch verschiedene Verfahren der Zuluftkonditionierung.

Der vorliegende Beitrag gibt einen aktuellen Überblick über Möglichkeiten zur Minderung von Umweltbelastungen und zur Einsparung von Energie.

Literatur

- [1] C. Rösemann, H.-D. Haenel, U. Dämmgen, E. Poddey, A. Freibauer, S. Wulf, B. Eurich-Menden, H. Döhler, C. Schreiner, B. Bauer und B. Osterburg (2013): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2011. Report zu Methoden und Daten (RMD). Berichterstattung 2013. Thünen Rep 1
- [2] IIR (2013) – German Informative Inventory Report. <http://iir-de.wikidot.com>
- [3] A. C. Springorum, M. Clauß und J. Hartung (2009): Airborne moulds, dust and endotoxins in four alternative housing systems for laying hens. In: Briese, A. (Hrsg.): Sustainable animal husbandry: prevention is better than cure II XIV international congress of the International Society for Animal Hygiene, Vechta, 19.-23.07.2009; Brno; Tribun EU, S. 611-614.
- [4] Niedersächsisches Ministerialblatt Nr. 29/2013 S. 561
- [5] http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/erlass_tierhaltungsanlagen.pdf, Zugriff am 08.10.13
- [6] DLG-Prüfbericht 5952, <http://www.dlg.org/gebaeude.html#Abluft>, Zugriff am 10.10.13
- [7] Baugesetzbuch - Einzelnorm, § 35 Bauen im Außenbereich, http://www.gesetze-im-internet.de/Bbaug/_35.html, Zugriff am 10.10.2013
- [8] J. Hahne (2013): Immissionsschutz – Tierhaltungsanlagen. Abluftreinigung in der Tierhaltung (Vortrag). Bildungszentrum für Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH (BEW), Essen, 13. bis 14.3.2013
- [9] M. Clauß, J. Schulz, J. Stratmann-Selke, M. Decius und J. Hartung (2013): Abscheidung von "Livestock-associated" Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) aus der Abluft zweier Mastschweineeställe mit einem Rieselbettfilter und einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage (Reduction of livestock-associated Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) in the exhaust air of two piggeries by a bio-trickling filter and a biological three-step air cleaning system). Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 126: 03-04, 137-142.
- [10] M. Clauß, A.C. Springorum und J. Hartung: Jahresverlauf der Hintergrundkonzentrationen verschiedener Gruppen luftgetragener Mikroorganismen in einem urbanen, einem Agrar- und einem Forstgebiet in Norddeutschland. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft (73) 2013, S. 375 - 380
- [11] A. Gärtner, A. Gessner, E. Martin, D. Schneider und U. Jäckel: Emissionen aus der Hähnchenmast - Untersuchungen zur Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft und Antibiotikaresistenz. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft (73) 2013, S. 372 - 374
- [12] J. Hahne: Mehrstufige Abluftreinigung für die Geflügelhaltung. Landtechnik 65 (2010), Heft 5, S. 334 - 337
- [13] <http://www.dlg.org/gebaeude.html#Abluft>, Zugriff am 11.10.13
- [14] <http://www.veracert.eu/en/technology-manufacturers/test-protocols>, Zugriff am 11.10.13

- [15] R. Rößler, B. Erich-Menden, R. Vandre, S. Wulf und H. Döhler: Ammoniakemissionen: Minderungskosten bei der Mastschweinefütterung. Landtechnik 67 (2012), Heft 1, S. 69 - 72
- [16] J. Hahne: Verlauf und Umfang von Spurengasemissionen aus der Geflügelhaltung als Grundlage zur Ableitung von Vermeidungs- und Minderungsstrategien. In KTBL (Hrsg.): 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband 2013, S. 212 - 217
- [17] G. Beyersdorfer und U. Gernand: Kühlung von Schweineställen durch Unterflur-Zuluftkühlung. Landtechnik 67 (2012), Heft 3, S. 221 - 224
- [18] L. Van Caenegem, M. Sax und M. Schick: Wärmerückgewinnungsanlagen - auch zum Kühlen. Landtechnik 67 (2012), Heft 3, S. 216 - 220
- [19] M. S. Krommweh, P. Rösmann und W. Büscher: Der Modulstall mit Erdwärmetauscher: Zuluftkonditionierung mittels alternativen Gebäude- und Lüftungskonzeptes für zwangsbelüftete Tierställe. In KTBL (Hrsg.): 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband 2013, S. 188 - 193
- [20] W. Bonkoss und S. Naser: Messtechnische Begleitung einer Anlage zur Absenkung der Zulufttemperatur mittels Verdunstungskühlung. In KTBL (Hrsg.): 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband 2013, S. 218- 222
- [21] F. Adrion, J. Threm, E. Gallmann, W. Pflanz und T. Jungbluth: Simulation der Luftströmung in Mastschweineställen mit unterschiedlicher Zuluftführung. Landtechnik 68 (2013), Heft 2, S. 89 -94
- [22] M. Fiedler, G. Hoffmann, C. Loebstin, W. Berg, K. von Bobrutzki, C. Ammon und T. Ammon: Luftgeschwindigkeit und Hitzebelastung im Milchviehstall - Auswirkungen auf das Tierwohl. Landtechnik 67 (2012), Heft 6, S. 421 - 424
- [23] T. Winter, T. Hinz, C. Zierke und J. Lippmann: Henne oder Manager - wer ist für Staub und Ammoniak im Stall verantwortlich? Landtechnik 67 (2012), Heft 2, S. 127 - 132
- [24] G. Gustafsson und E. von Wachenfelt: Methods to reduce airborne dust in a floor-housing system for laying hens. In KTBL (Hrsg.): 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband 2013, S. 252- 257

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 20.12.2013

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Hahne, Jochen; Munack, Axel; Vorlop, Klaus-Dieter; Clauß, Marcus: Anforderungen und Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Tierhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055032>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/132.html>